

МИКРОСТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВОВ Fe-Cu-Pb-Sn-Zn, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КОНТАКТНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ*

Ю. С. Авраамов, А. Н. Кравченков, И. А. Кравченкова, А. Д. Шляпин

Впервые изучены микроструктура, элементный и фазовый состав многокомпонентных поверхностных слоев, полученных контактным легированием железо-медного сплава из трехкомпонентного расплава тяжелых легкоплавких компонентов. Особое внимание уделено распределению основных легирующих элементов по толщине легированного слоя.

Ключевые слова: контактное легирование, легкоплавкие элементы, микроструктура, фазовый состав.

Введение

Контактное легирование железо-медных сплавов из свинцово-оловянных расплавов изучено достаточно подробно [1]. В этой монографии детально описаны результаты структурного и фазового анализа четырехкомпонентного поверхностного слоя, получающегося в результате твердо-жидкофазного взаимодействия железо-медных сплавов с расплавами различного состава и сообщается об оптимальном содержании олова в расплаве, составляющем 20 вес.%. Следует отметить, что названный состав расплава позволяет оптимизировать как кинетические параметры процесса контактного легирования, так и антифрикционные свойства поверхностного слоя.

Исследование, результаты которого частично представлены в данной статье, имело целью полностью или частично отказаться от дорогого и дефицитного олова, применяемого главным образом в качестве элемента-лидера за счет частичной или полной замены олова цинком.

Для достижения названной цели изучали роль цинка в процессе контактного легирования, его влияние на фазовые и структурные составляющие, возникающие в результате контактного легирования, а также распределение всех элементов расплава в поверхностном слое материала.

Обоснование состава легирующего расплава

Ранее было показано [2], что при содержании менее 2 вес.% олова в расплаве Pb-Sn-Zn контактное легирование железо-медного сплава не реализуется и вместо него происходит интенсивное разрушение железо-медной основы. Поэтому в данной работе содержание олова в легирующем расплаве изменяли от 2 до 20 вес%, а цинка - от 5 до 15 вес.%. В результате многочисленных экспериментов для дальнейших исследований были выбраны следующие составы

* Работа выполнена при финансовой поддержке Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы)», проект 2.1.2/6967

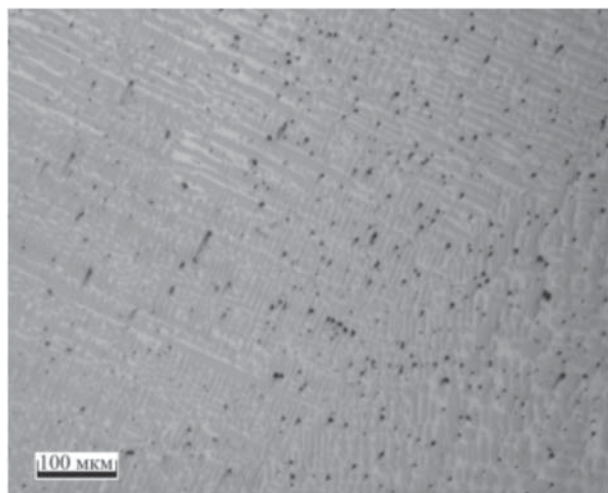


Рис. 1. Микроструктура поверхностного слоя железо-медного сплава, легированного из расплава Pb-Sn-Zn

легирующих расплавов: Pb-5%Sn-10%Zn, Pb-5%Sn-15%Zn и Pb-10%Sn-15%Zn.

Типичная микроструктура поверхностного легированного слоя показана на рис. 1.

Эта микроструктура отличается равномерным распределением компонентов расплава по легированному слою, что дает возможность ожидать хорошие антифрикционные свойства.

Химический состав легированного слоя

С помощью микрорентгеноспектрального анализатора был определен средний химический состав поверхностного легированного слоя железо-медных сплавов, легированных из расплавов Pb-20%Sn, Pb-5%Sn-10%Zn, Pb-5%Sn-15%Zn и Pb-10%Sn-15%Zn, в сравнении с данными для базового сплава, полученного контактным легированием из расплава Pb-20%Sn (рис. 2).

Из диаграммы на рис. 2 видно, что в поверхностном слое полученных образцов по сравнению с базовым образцом, легированного из расплава Pb-20%Sn, относительно больше свинца.

Следует также отметить, что в легированном слое полученных сплавов наблюдается более 40% цинка. Это свидетельствует об активной миграции цинка из расплава в легируемый сплав.

Распределение легирующих элементов в поверхностном слое материала

Особый интерес с практической точки зрения представляет распределение легирую-

щих компонентов по глубине легируемого слоя полученных образцов. Для изучения такого распределения измеряли содержание легирующих элементов в ряде точек легированного слоя, показанных на рис. 3.

Распределение легирующих компонентов по легированному слою железо-медного сплава из расплав различных составов показано на рис. 4.

Из полученных результатов видно, что по мере удаления в глубину образца количество свинца уменьшается, а олово остается на прежнем уровне. Во всех случаях наблюдается почти равномерное распределение цинка по легированной зоне на глубину до 500 мкм.

Фазовый состав поверхностного слоя

Фазовый состав поверхностного слоя изучали на образцах, полученных легированием из расплава Pb-5%Sn-10%Zn. Этот расплав был выбран в качестве основного после комплексного анализа служебных свойств изученных образцов.

Фазовый состав поверхностного слоя сплава, полученного при легировании железо-медного сплава из расплава Pb-5%Sn-10%Zn, довольно сложен. Согласно полученным данным, этот слой содержит включения свинца, олова и значительное количество интерметаллидов, таких как $\text{Cu}_{41}\text{Sn}_{11}$, Fe_5Zn_8 , $\text{Cu}_{17}\text{Sn}_3$, CuZn . Следует, однако, подчеркнуть, что эти результаты носят качественный характер.

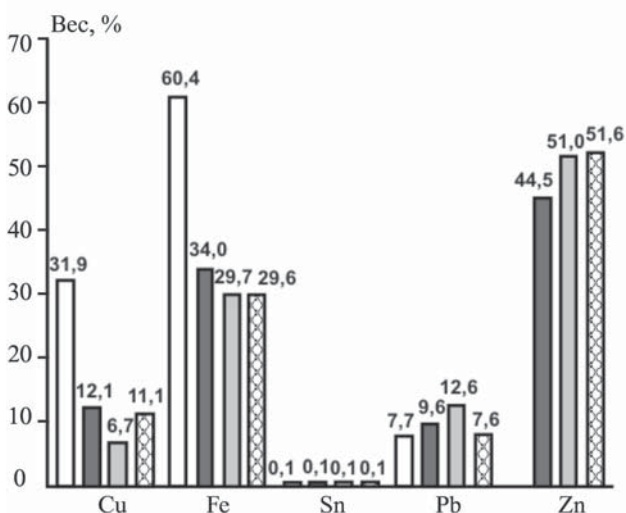


Рис. 2. Диаграмма среднего химического составов сплав Fe-Cu, легированных из расплавов:

□ – Pb-20%Sn; ■ – Pb-5%Sn-10%Zn;
▒ – Pb-5%Sn-15%Zn; ▨ – Pb-10%Sn-15%Zn

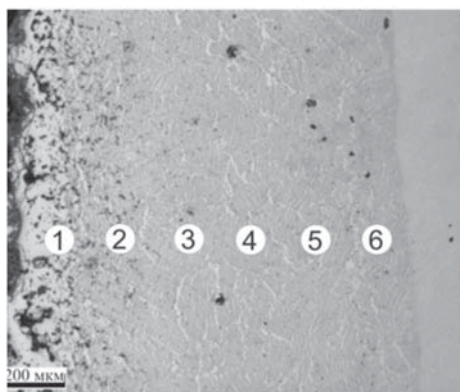


Рис. 3. Схема расположения точек измерений

Дифрактограмма железо-медного сплава, легированного из расплава Pb-5%Sn-10%Zn, а также (для сравнения) дифрактограмма исходного железо-медного сплава изображены на рис. 5.

Значительные различия в положении диф-

ракционных линий и их относительной интенсивности свидетельствуют о том, что контактное легирование сопровождается изменениями фазового состава поверхностного слоя. Однако это нуждается в дополнительном исследовании.

Заключение

Добавление цинка в свинцово-оловянный расплав оказывает положительное влияние на кинетику контактного легирования железо-медных сплавов и позволяет уменьшить количество дефицитного олова с 20 до 5–10 вес. %.

Цинк, используемый в качестве элемента-лидера вместо олова, равномерно распределяется по всему объему поверхностно-легированного слоя.

Фазовый состав поверхностного легированного слоя отвечает требованиям, предъявляемым к микроструктуре антифрикционных материалов.

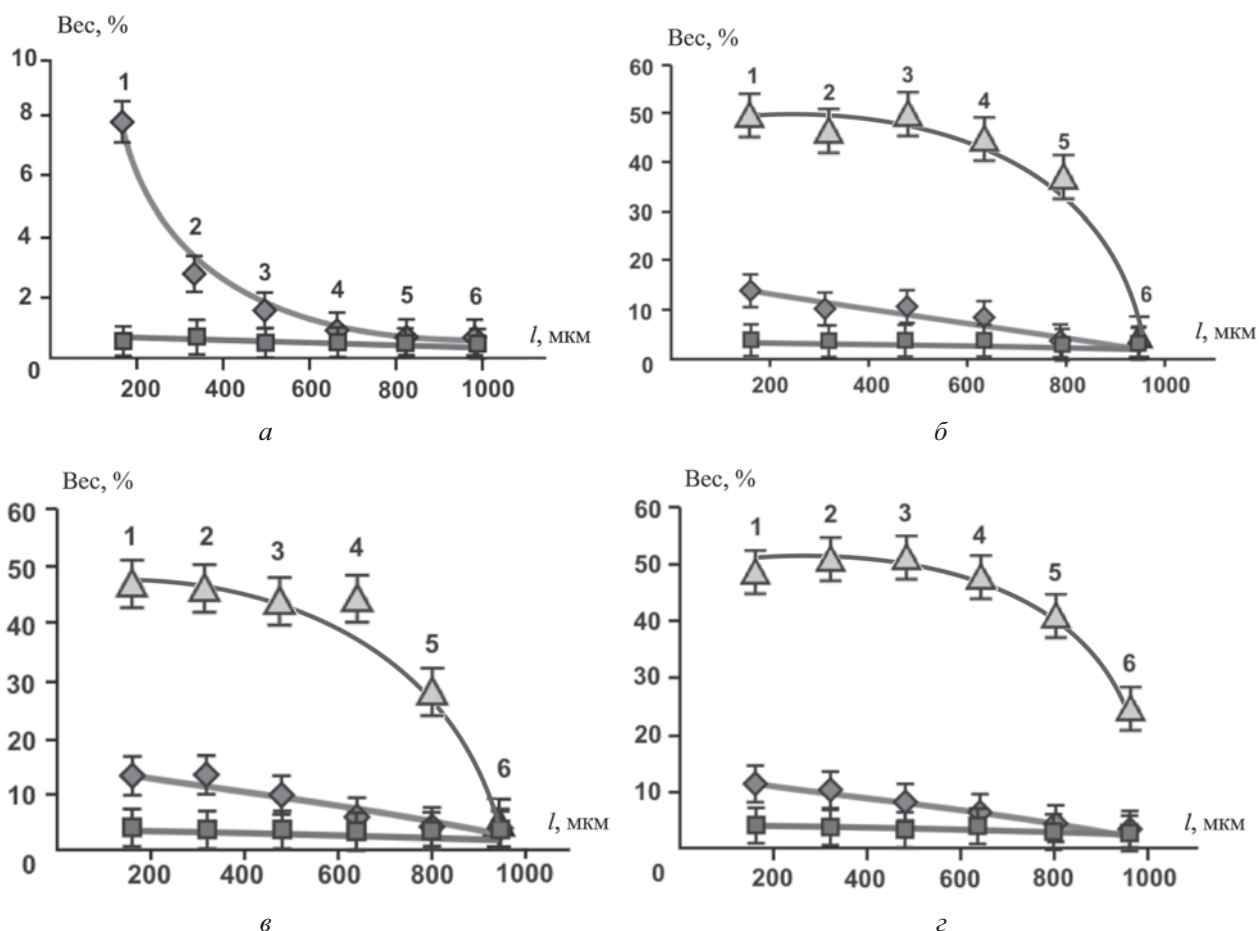


Рис. 4. Концентрация легирующих компонентов в контрольных точках:

l – расстояние от поверхности образца до точки измерения;

а – легирование из расплава Pb-20%Sn; б – легирование из расплава Pb-5%Sn-15%Zn;
в – легирование из расплава Pb-5%Sn-10%Zn; г – легирование из расплава Pb-10%Sn-15%Zn

◆ – Pb; ■ – Sn; ▲ – Zn

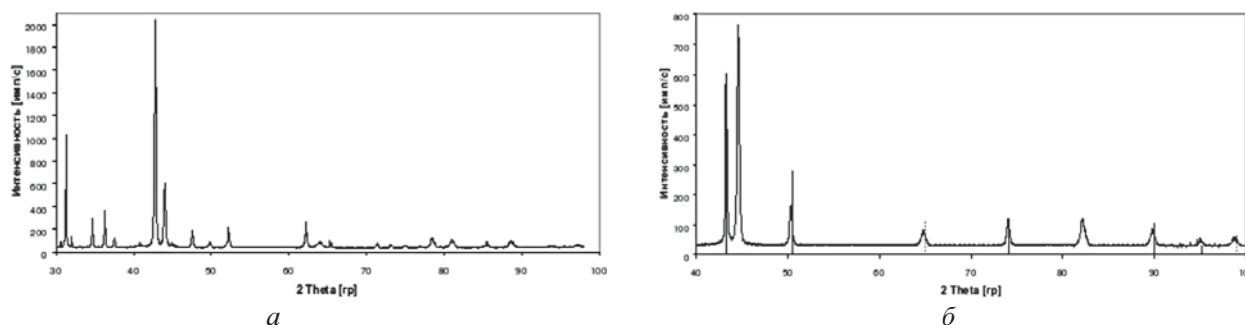


Рис. 5. Дифрактограммы железо-медного сплава, легированного из расплава Pb-5%Sn-10%Zn (а) и базового железо-медного сплава (б)

Список литературы

1. Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д. Сплавы на основе систем с ограниченной растворимостью в жидком состоянии. – М.: ИНТЕР-КОНТАКТ НАУКА, 2002. – 372 с.
2. Авраамов Ю.С., Кошкин В.И., Кравченкова И.А., Кравченко А.Н., Шляпин А.Д. О выборе элемента-лидера при поверхност-

ном контактном легировании сплавов на основе алюминия и меди из расплавов тяжелых легкоплавких металлов // Машиностроение и инженерное образование. 2010. № 1. С. 37–42.

Материал поступил в редакцию 11.11.2010

АВРААМОВ Юрий Серафимович

E-mail: ashliapin@list.ru
Тел. +7 (495) 675-42-79

Доктор технических наук, профессор. Президент ГОУ МГИУ, заслуженный деятель науки РФ. Академик международной академии наук высшей школы. Специалист в области металловедения, физики металлов и композиционных материалов. Автор более 300 научных трудов, в том числе 40 авторских свидетельств на изобретение, 7 монографий.

КРАВЧЕНКОВ Антон Николаевич

E-mail: akravchenkov64@yandex.ru
Тел. +7 (495) 620-39-68

Кандидат технических наук. Ассистент кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов ГОУ МГИУ. Область научных интересов – металловедение и композиционные материалы. Автор 8 научных трудов.

КРАВЧЕНКОВА Ирина Александровна

E-mail: iri540@yandex.ru
Тел. +7 (495) 620-39-68

Заведующий лабораторией и ассистент кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов ГОУ МГИУ. Область научных интересов – металловедение и композиционные материалы. Автор 3 научных трудов.

ШЛЯПИН Анатолий Дмитриевич

E-mail: ashliapin@list.ru
Тел. +7 (495) 675-61-92

Доктор технических наук, профессор. Заведующий кафедрой материаловедения и технологии конструкционных материалов ГОУ МГИУ, заслуженный работник высшей школы РФ. Специалист в области металловедения, физики металлов и композиционных материалов. Автор более 130 научных работ, из них 7 монографий, 35 авторских свидетельств и патентов.